

## SILICON CARBIDE SCHOTTKY BARRIER DIODE AND ITS MANUFACTURE

**Publication number:** JP2000188406

**Publication date:** 2000-07-04

**Inventor:** TSUJI TAKASHI

**Applicant:** FUJI ELECTRIC CO LTD

**Classification:**

- International: **H01L21/28; H01L29/47; H01L29/872; H01L21/02; H01L29/40; H01L29/66; (IPC1-7): H01L29/872; H01L21/28**

- European:

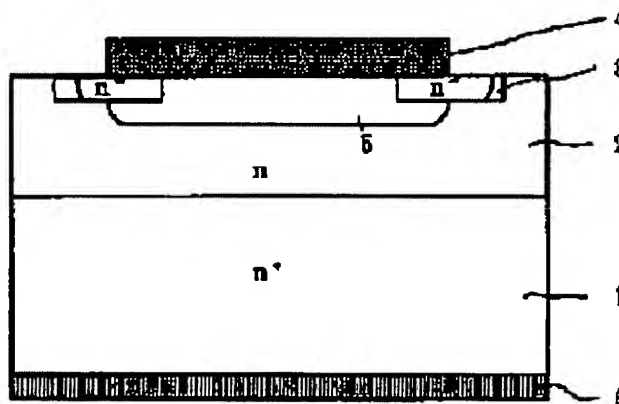
**Application number:** JP19980365929 19981224

**Priority number(s):** JP19980365929 19981224

[Report a data error here](#)

### Abstract of JP2000188406

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To increase the width of a depletion layer under the end of an electrode, and alleviate the concentration of electric fields for enhancement of reverse voltage withstand by forming on a surface layer of silicon carbide crystal a ring-shaped low-concentration region of the same conductivity type, containing the end of a Schottky electrode. **SOLUTION:** An epitaxial wafer obtained by growing a n-epitaxial layer 2 on a substrate 1 of low-resistance 4H-type SiC single crystal is used, and aluminum ions are selectively implanted in the surface layer of the n-epitaxial layer 2. At this time, a low-concentration region 3 is defined by photoresist or the like. After implantation, annealing is performed in an Ar atmosphere under normal pressure. Then a Ni film is formed on the underside of the substrate 1 by sputtering, and subsequently an ohmic electrode 6 is formed by heat treatment. Thereafter, a Ni film is formed on the surface of the epitaxial layer 2 by sputtering to obtain a Schottky electrode 4. As a result, the depletion layer 5 at the time of backward voltage bypassing is sufficiently spread even in the vicinity of the end of the Schottky electrode 4, and reverse voltage withstand is enhanced.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-188406  
(P2000-188406A)

(43) 公開日 平成12年7月4日 (2000.7.4)

(51) IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 29/872		H 0 1 L 29/48	D 4 M 1 0 4
21/28	3 0 1	21/28	3 0 1 F
		29/48	P

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平10-365929

(22) 出願日 平成10年12月24日 (1998. 12. 24)

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(72) 発明者 辻 崇

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 100088339

弁理士 篠部 正治

Fターム(参考) 4M104 AA03 BB05 CC03 DD26 DD37

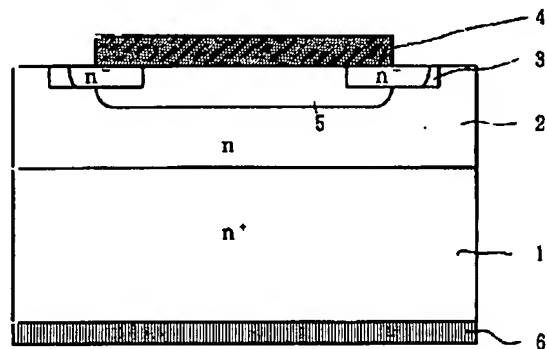
DD79 FF36 GG03 GG18

(54) 【発明の名称】 炭化けい素ショットキーバリアダイオードおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】炭化けい素ショットキーバリアダイオードにおいて、逆バイアス時のショットキー電極端部近傍における電界を緩和し、耐圧向上を図る。

【解決手段】ショットキー電極4が接触するnエピタキシャル層2の表面層に、ショットキー電極4の端を含むリング状に、nエピタキシャル層2と逆導電型の例えばアルミニウムイオンを注入、熱処理して、nエピタキシャル層2と同じ導電型の低濃度領域3を形成する。



1 n<sup>+</sup> サブストレート

4 ショットキー電極

2 nエピタキシャル層

5 空乏層

3 n<sup>-</sup> 低濃度領域

6 オーミック電極

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】炭化けい素結晶と、その表面に接触してショットキー接合を形成するショットキー電極と、表面の別の部分にオーミックな接触をするオーミック電極とからなる炭化けい素ショットキーバリアダイオードにおいて、炭化けい素結晶のショットキー電極の設けられる部分の表面層に、ショットキー電極の端部を含むリング状の同じ導電型の低濃度領域を有することを特徴とする炭化けい素ショットキーバリアダイオード。

【請求項2】炭化けい素結晶と、その表面に接触してショットキー接合を形成するショットキー電極と、表面の別の部分にオーミックな接触をするオーミック電極と、炭化けい素結晶のショットキー電極の設けられる部分の表面層にショットキー電極の端部を含んで設けられたリング状の同じ導電型の低濃度領域を有する炭化けい素ショットキーバリアダイオードの製造方法において、炭化けい素結晶と異なる導電型のイオンを注入し、熱処理することにより前記の低濃度領域を形成することを特徴とする炭化けい素ショットキーバリアダイオードの製造方法。

【請求項3】熱処理温度を1300℃以下とすることを特徴とする請求項2に記載の炭化けい素ショットキーバリアダイオードの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、炭化けい素（以下SiCと記す）を用いたショットキーバリアダイオードおよびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】高周波、大電力の制御を目的として、けい素（以下Siと記す）を用いた電力用半導体素子（以下パワーデバイスと称する）では、各種の工夫により高性能化が進められている。しかし、シリコン材料によるパワーデバイスでは、理論的な限界に近づいてきていることと、パワーデバイスは高温や放射線等の存在下で使用されることもあり、そのような条件下ではSiデバイスは使用できないことから、Siに代わる新しい材料の適用が検討されている。

【0003】SiCは広い禁制帯幅（4H型で3.26 eV、6H型で3.02 eV）をもつため、高温での電気伝導度の制御性に優れ、動作上限温度を高くできる。またSiより約1桁高い絶縁破壊電圧をもつため、厚さを薄くでき、定常状態におけるパワーロスを低減でき、また一方では高耐圧素子への適用が可能である。さらに、SiCはSiの約2倍の電子飽和ドリフト速度をもつので、高周波大電力制御にも適する。

【0004】このようなSiCの物性を活かしたパワーデバイスのひとつにショットキーバリアダイオードがある。ショットキーバリアダイオードは、pn接合ダイオードと比較して、順方向の電圧降下が小さく、スイッチン

グ速度が速い。しかしながら、逆方向耐圧は、pn接合ダイオードと比較して低く、Siショットキーバリアダイオードでは数10V程度である。このため、Siショットキーバリアダイオードは、主にコンピュータ用の駆動電源など低電圧機器に使用されていた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、Siの代わりにSiC結晶を用いてショットキーバリアダイオードを作成すれば、その高い絶縁破壊電界強度により、逆方向耐圧を高くすることができ、ショットキーバリアダイオードをパワーデバイスとして使用することができるようになると期待される。しかし、これまで試作されたSiCショットキーバリアダイオードでは、逆方向絶縁耐圧が100V程度であり、これを高めるための様々な工夫がなされている。

【0006】例えば、n型エピタキシャルウェハを用いたショットキーバリアダイオードのショットキー電極周辺の表面層に、ほう素イオンを $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ のドーズ量でイオン注入して、逆導電型のガードリングを形成することにより、電極の端部の高電界を緩和する方法で、高耐圧化を図った例が報告されている[A. Itoh, IE EE, Electron Device Lett., 17(3) p.139 (1996)参照]。

【0007】SiCショットキーバリアダイオードの破壊は、主に電極端部で発生することが多かった。これは、ショットキー電極の端部では、電極中央部と比較して空乏層の広がり小さく、局所的に高電界領域ができるためである。このような状況に鑑み本発明の目的は、逆方向耐圧が高く、しかも製造の容易なSiCショットキーバリアダイオードおよびその製造方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題解決のため本発明は、炭化けい素結晶と、その表面に接触してショットキー接合を形成するショットキー電極と、表面の別の部分にオーミックな接触をするオーミック電極とからなる炭化けい素ショットキーバリアダイオードにおいて、炭化けい素結晶のショットキー電極の設けられる部分の表面層に、ショットキー電極の端部を含むリング状の同じ導電型の低濃度領域を有するものとする。

【0009】そのようにすると、逆バイアス時にショットキー電極端部下の空乏層幅が広がり、電界を緩和することができる。そのような炭化けい素ショットキーバリアダイオードの製造方法としては、炭化けい素結晶と異なる導電型のイオンを注入し、熱処理することにより低濃度領域を形成するものとする。

【0010】そのような方法で、確実にショットキー電極の端部を含むようなリング状の低濃度領域を形成することができる。特に、熱処理温度を1300℃以下とすれば、SiC表面の凹凸の発生を抑えることができる。

## 【0011】

【発明の実施の形態】以下図面を参照しながら本発明の実施例を説明する。

【実施例】図1は、本発明にかかるSiCショットキーダイオードの断面図である。図において、1は高不純物濃度の $n^+$ サブストレート、2は低不純物濃度の $n$ エピタキシャル層、3は更に低不純物濃度の低濃度領域、4はニッケル(Ni)のショットキー電極、6はニッケル(Ni)のオーミック電極である。各層のディメンションは例えば、SiC基板1の不純物濃度は $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $300 \mu\text{m}$ 、エピタキシャル層2の不純物濃度は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $10 \mu\text{m}$ 、低濃度領域3の不純物濃度は約 $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ 、幅 $100 \mu\text{m}$ である。ショットキー電極4、オーミック電極6の厚さはともに $200 \text{ nm}$ とした。

【0012】以下このダイオードの作製方法を述べる。SiCウェハとして低抵抗の4H型SiC単結晶のサブストレート1上に $n$ エピタキシャル層2を成長させたエピタキシャルウェハを使用した。その $n$ エピタキシャル層2の表面層に、最大 $180 \text{ keV}$ の加速電圧でアルミニウム(Al)イオンを $0.5 \mu\text{m}$ 程度の深さまで選択的に注入する。注入ドーズ量は、 $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ であり、その時の不純物濃度は、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ となる。その他のイオン種としてアクセプタとして働くB、Gaを用いることもできる。フォトレジスト等で注入領域を限定し、低濃度領域3は、外径 $1.2 \text{ mm}$ 、内径 $1.0 \text{ mm}$ のリング状である。注入後、常圧Ar雰囲気中で $1300^\circ\text{C}$ 、30分間のアニールをおこなった。 $1300^\circ\text{C}$ 程度では、不純物の電気的活性化率は $0.5\%$ 以下であり、低濃度領域3は $p$ 型に反転するに至らず、 $10^{15} \text{ cm}^{-3}$ オーダーの低濃度の $n$ 型となっている。なお、反転していないことは、同じ条件でイオン注入、熱処理した試料でダイオードを作って確認した。

【0013】サブストレート1の裏面にNiをスパッタ成膜した後、 $1000^\circ\text{C}$ 、5分間の熱処理によりオーミック電極6を形成する。その後エピタキシャル層2の表面に、Niをスパッタ成膜し、ショットキー電極4とした。ショットキー電極4の直径は、 $1.1 \text{ mm}$ であり、ショットキー電極4の端が低濃度領域3内に止まるようにした。その結果、低濃度領域3を形成しない場合では平均約 $300 \text{ V}$ であった逆方向破壊電圧が、 $1000 \text{ V}$ 以上と向上した。

【0014】図1の構造とすることにより、逆電圧バイアス時の空乏層5が、ショットキー電極4の端部近傍においても十分広がるようになり、その結果逆方向耐圧を向上させることができたと考えられる。しかも先に述べ

た逆導電型のガードリングを形成する場合より一桁以上低いドーズ量ですむので、工程時間が短縮できる利点がある。また、逆導電型のガードリングを形成する場合のドーズ量によって、イオン注入部に発生する結晶欠陥はかなり多いと考えられるが、ドーズ量を低くすることにより、そのような結晶欠陥が及ぼす特性への悪影響を免れることができる。

【0015】熱処理温度を高くすれば、注入された不純物の活性化率が増すので、Alのドーズ量を少なくして、熱処理温度を高くし、同様の低濃度領域を形成することもできる。しかしその場合はSiC表面に凹凸が発生しやすいので、本発明のように熱処理の低温化により、SiC表面の凹凸の発生を防ぐことができる。また、酸化膜がSiC上に成膜された場合でもその酸化膜によるSiC露出部のエッチングを防止することができる。特に、 $1300^\circ\text{C}$ 以下の熱処理であれば、発熱線としてカンタル線を用い、雰囲気管として石英管を用いた普及型の熱処理炉で加熱でき、タングステン炉のような特別の高温炉を用いる必要がない。

【0016】以上の実施例では4H-SiCのSi面上に中間層を形成する例を述べたが、本発明の方法は4H-SiCのC面や6H-SiCのSi、C面にも適用できると考えられる。

## 【0017】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば炭化けい素ショットキーバリアダイオードにおいて、炭化けい素結晶の表面層に、ショットキー電極の端部を含むリング状の同じ導電型の低濃度領域を設けることにより、電極端部の下の空乏層幅を広げ、電界集中を軽減して逆方向絶縁耐圧を向上させることができた。

【0018】その製造方法としては、炭化けい素結晶と異なる導電型のイオンを注入し、熱処理することにより低濃度領域を容易に形成できることを示した。本発明は、Siショットキーダイオードを超えたパワーデバイスとしてのSiCショットキーダイオードの発展、普及に極めて重要な貢献をなすものである。

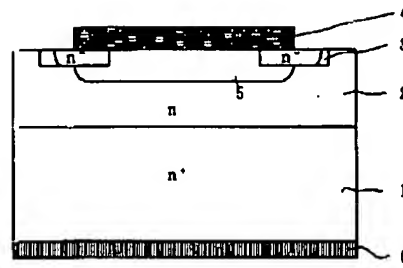
## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例のショットキーバリアダイオードの断面図

## 【符号の説明】

- 1  $n^+$  サブストレート
- 2  $n$  エピタキシャル層
- 3 低濃度領域
- 4 ショットキー電極
- 5 空乏層
- 6 オーミック電極

【図1】



- |                          |            |
|--------------------------|------------|
| 1 n <sup>+</sup> サブストレート | 4 ショットキー電極 |
| 2 nエピタキシャル層              | 5 空乏層      |
| 3 n <sup>-</sup> 低濃度領域   | 6 オーミック電極  |